

土石流に対する森林の抵抗の試算

九州大学農学部 谷山 健一・伊藤 哲
丸谷 知己

1. はじめに

土砂移動の頻度が高い荒廃河川周辺では、土砂移動の一形態である土石流による堆積物分布と森林構造には深い関係が認められる。これは森林が、土石流のもつ運動エネルギーを減少させ、抵抗として機能した結果である。この森林のもつ抵抗を定量化することは土砂のコントロールを行なううえで有効である。そこで本研究では、森林の土砂移動に対する抵抗を試算した。

2. モデルの概要

(1) 土砂移動及び森林内における土石流モデル

一般的な土砂移動は規模・頻度・強度の三要因で規定できる。森林内に突入した土石流はフロントの分解を繰り返しながら小フロントを形成しつつその運動エネルギーを減少する。今回は土石流の堆積プロセスを強度変化から考え、次に森林構造から頻度の違いについても考察した。

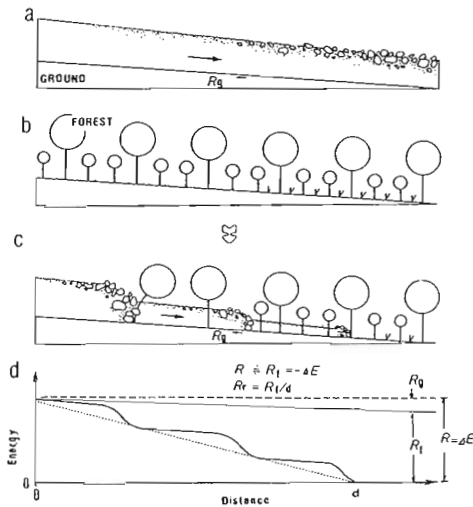


図-1 森林と土石流の関係モデル (I)

(2) 森林の抵抗および抵抗性の定義

森林がない場合、土石流はフロントを分解せずに徐々にその運動エネルギーを地面の抵抗 R_g によって減少させる(図-1(a))。図-1(b)の様な森林モデルを考えると、森林に土石流が突入した場合、土石流は距離によってその強度を変化させ、森林の破壊の程度は段階的に変化する(図-1(c))。このプロセスを運動エネルギーと流下距離のグラフで示すと、図-1(d)のようになる。このときの運動エネルギーの減少分が土石流に対して働いた抵抗 R であると言える。地面の抵抗 R_g は微小であるため無視し、森林の抵抗 $R_f = R$ と定義する。土石流は森林に突入後、流下距離 d で停止する。したがって、単位距離当りの森林の抵抗性 R_r は、 $R_r = R_f/d$ で定義する。

(3) 森林の相対的抵抗性の定義

破壊された森林(図-2(a))は破壊後の時間の経過に伴って元の状態に再生し、抵抗を回復する(図-2(b))。土石流の発生頻度よりも森林の再生時間が小さい場合森林はその抵抗を維持し、その逆の場合抵抗は

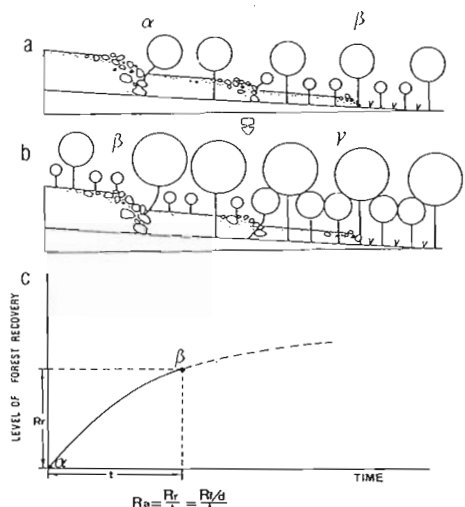


図-2 森林と土石流の関係モデル (II)

減少し続けていく。したがって、森林の再生時間、すなわち抵抗の回復時間が、森林の相対的な抵抗の大きさに影響する(図-2(c)).そこで森林の抵抗性をその再生時間tで除したものを森林の相対的抵抗性R_sとすると、 $R_s = R_r/t$ で定義される。

3. モデルの適用

(1) 調査地および調査項目

調査地は九重連山の玖珠川上流域の氾濫原である。地形測量と礫分布より地形図およびフロント分布図を作成した。また、フロントの流下方向に4×70mのベルトを設定し、植生調査を行なった(図-3)。

(2) 土砂の運動エネルギー指標

土石流の持つエネルギーの指標として、流体力を採用した。流体力は $F = 1/2 \rho AC_s V^2$ の式で与えられる(図-4)。VはManning式で求める。流体密度は $\rho = 1.8$ と一定値にして計算したが、一つのフロント内でも礫の分布には偏りが見られるので、実際のグラフはもっと変動が激しいものになると考えられる。

(3) 森林の抵抗および抵抗性の試算

今回の試算の結果、流体力の減少値すなわちR_rは、5273.5mk²/t²と算出された(図-5)。また、森林内の土石流の流下距離は70mであった。従って森林の抵抗性については、 $R_s = 5273.5/70 = 75.3$ の値が得

Kujyū Kusu River

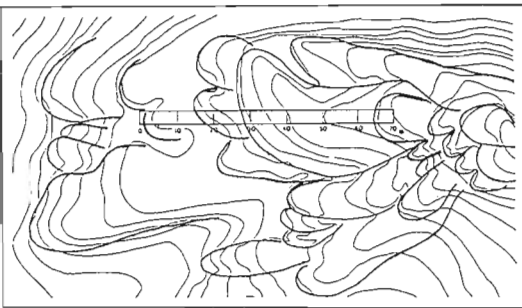


図-3 調査地の地形図・フロント分布図・植生調査位置図

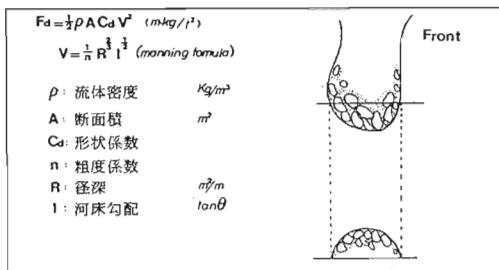


図-4 流体力の計算法

られた。

(4) 森林構造指標の抽出

植生調査の結果から群落構造を解析し、一つの指標として今回は群落の最大樹高に着目した。図-6(c)に示すように、破壊された森林IがIIの状態を経てIIIの状態まで再生した場合を考える。IからIIIの間の再生時間を、現在のIIの状態から推定するために、SとLの樹齡差をS'とL'の樹高差より求める。

(5) 森林の相対的抵抗性の試算

図-6(a)に示すように、S'とL'樹高はそれぞれ2.0および5.2mであった。この値から、図-6(b)に示す樹高-樹齡回帰直線を用いて森林の再生時間を推定すると、16年という値が得られた。したがって、森林の相対的抵抗性は、 $R_s = R_r/t = 75.3/16 = 4.7$ となる。

4. 今後の課題

土砂の運動エネルギーの指標として、ここでは流体力を用いたが、他の指標の抽出、それらとの併用といったことが考えられる。また、森林の構造指標として最大樹高を採用したが、群落の密度・種組成などにも明らかな変化が見られた。今後、これらの要素も加味した群落の遷移モデルを構築し、土砂移動との関係を解析することが必要である。

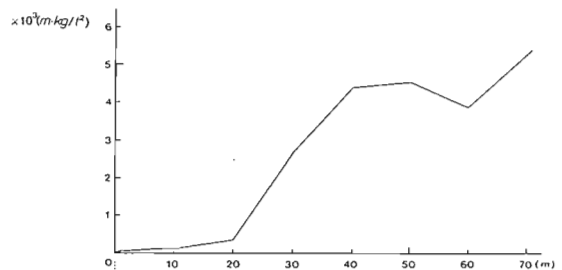


図-5 流体力の変化

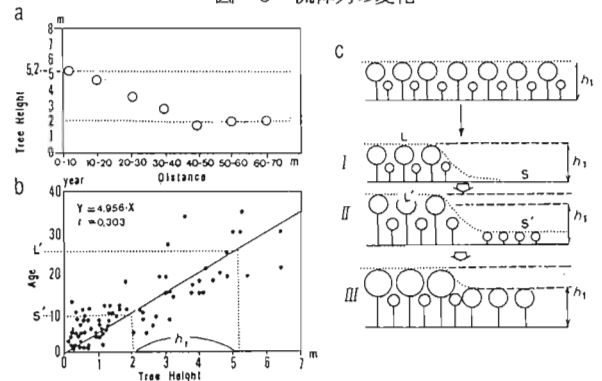


図-6 最大樹高変化(a)・樹高-樹齡回帰直線図(b)・森林再生概念図(c)